

(43) Date of publication of application: **05.08.1997**

G05B 23/02, G05B 23/02, G05B 13/02, G05B 13/04
// G05D 7/06

(71) Applicant: **HITACHI LTD**

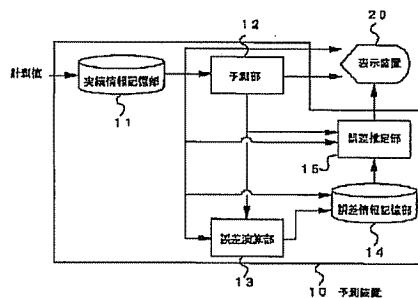
(72) Inventor: **NAGAREI HIDEAKI**
TADOKORO HIDEYUKI

difference arithmetic part 13 obtains difference (prediction difference) between actual result flow-in quantity calculated by an actual result flow-in arithmetic part and prediction flow-in quantity calculated by the predicting part 12. Then, the difference estimating part 15 estimates prediction difference held by prediction flow-in quantity which is calculated by the predicting part 12.

COPYRIGHT: (C)1997,JPO

PROBLEM TO BE SOLVED: To automatically estimate prediction difference through the use of a computer by providing a prediction difference estimating means which estimates prediction difference which is held by means of the prediction value of state quantity in future time.

SOLUTION: A predicting device 10 executing a prediction operation and difference estimation in a plant monitoring device is constituted of an actual result information storage part 11, a predicting part 12, a difference arithmetic part 13, a difference information storage part 14 and a difference estimating part 15. A measurement value is preserved in the actual information storage part 11 as time sequence data. The predicting part 12 predicts the state quantity of a certain item in future time from time sequence data which is stored in the actual information storage part 11. The

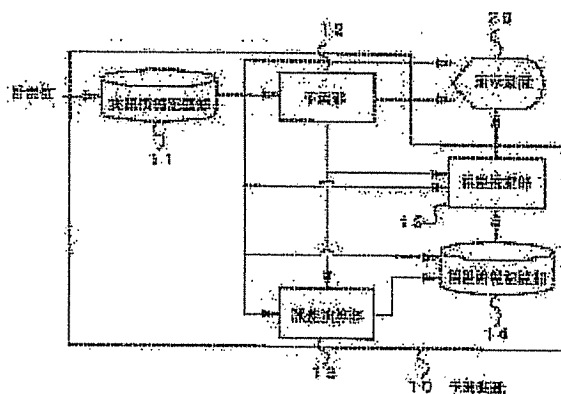


PLANT MONITORING DEVICE

Patent number: JP9204218 (A)
Publication date: 1997-08-05
Inventor(s): NAGAREI HIDEAKI; TADOKORO HIDEYUKI
Applicant(s): HITACHI LTD
Classification:
- international: *G05B13/02; G05B13/04; G05B23/02; G05D7/06; G05D7/06; G05B13/02; G05B13/04; G05B23/02; G05D7/06; G05D7/06; (IPC1-7): G05D7/06; G05B23/02; G05B13/02; G05B13/04; G05B23/02*
- european:
Application number: JP19960009801 19960124
Priority number(s): JP19960009801 19960124

Abstract of JP 9204218 (A)

PROBLEM TO BE SOLVED: To automatically estimate prediction difference through the use of a computer by providing a prediction difference estimating means which estimates prediction difference which is held by means of the prediction value of state quantity in future time. **SOLUTION:** A predicting device 10 executing a prediction operation and difference estimation in a plant monitoring device is constituted of an actual result information storage part 11, a predicting part 12, a difference arithmetic part 13, a difference information storage part 14 and a difference estimating part 15. A measurement value is preserved in the actual information storage part 11 as time sequence data. The predicting part 12 predicts the state quantity of a certain item in future time from time sequence data which is stored in the actual information storage part 11.; The difference arithmetic part 13 obtains difference (prediction difference) between actual result flow-in quantity calculated by an actual result flow-in arithmetic part and prediction flow-in quantity calculated by the predicting part 12. Then, the difference estimating part 15 estimates prediction difference held by prediction flow-in quantity which is calculated by the predicting part 12.



【特許請求の範囲】

【請求項1】プラントの各種データをもとにある項目の将来時刻における状態量を予測するプラント監視装置であって、

プラントの各種データを複数の異なる時間にわたって保存する実績情報記憶手段と、
前記実績情報記憶手段に蓄えられた時系列データを入力とし、(1) 予め決定された重み係数をもとに、一定時間ごとに現在より先の時点における状態量を予測するニューラルネット、或いは(2) 複数の項目の重み付け和としてある項目の現在より先の時点における状態量を予測する重回帰法、或いは(3) 修正RPLモデルまたは動的RPL法により将来時刻における状態量を予測する状態量予測手段と、

前記状態量予測手段によって過去に予測された状態量予測値が有していた予測誤差を算出する予測誤差演算手段と、

前記状態量予測手段によって過去に算出された状態量予測値とそのときの予測誤差との関係を記憶する誤差情報記憶手段と、

前記実績情報記憶手段に記憶された情報、前記状態量予測手段により算出された状態量予測値及び前記誤差情報記憶手段に記憶された過去の予測値と誤差との関係をもとに、将来時刻における状態量予測値が有する予測誤差を推定する予測誤差推定手段と、を具備したことを特徴とするプラント監視装置。

【請求項2】請求項1に記載のプラント監視装置において、更に前記実績情報記憶手段に記憶された情報と前記状態量予測手段により算出された状態量予測値及び前記予測誤差推定手段により推定された予測誤差を表示する表示手段を備えたことを特徴とするプラント監視装置。

【請求項3】請求項1または2において、前記予測誤差推定手段として、前記実績情報記憶手段に蓄えられた時系列データ及び前記予測誤差演算手段により算出された過去の予測値と予測誤差との関係をニューラルネットの重みとして記憶しておき、将来時刻における予測誤差を推定するニューラルネットによる予測誤差推定手段を備えたことを特徴とするプラント監視装置。

【請求項4】請求項1または2において、前記予測誤差推定手段として、前記実績情報記憶手段に蓄えられた時系列データ及び前記予測誤差演算手段により算出された過去の予測値と予測誤差との関係をメンバーシップ関数として記憶しておき、将来時刻における予測誤差を推定するファジィ推論による予測誤差推定手段を備えたことを特徴とするプラント監視装置。

【発明の詳細な説明】**【0001】**

【発明の属する技術分野】本発明は、各種プラントにおいて測定、収集される複数の計測値の時系列データから、ある項目の将来時刻における状態量を予測するプラ

ント監視装置に関する。

【0002】本発明は、時間の経過とともに状態量が次第に変化するプラントに適用するのに好適であり、例えば雨水ポンプ場において雨水の流入量を予測するのに好適である。

【0003】

【従来の技術】従来、将来時刻における状態量を予測する装置は、推定される予測値のみを演算し、その結果をあたかも真の値のように表示していた。予測は必ず誤差を伴うものであるが、従来の方法では、見る側（プラントを操作する側）に対して一義的な結果しか提供しない。そのため、見る側において、過去の経験に基づき予測誤差を推定する必要があった。

【0004】予測値に基づいて何らかの判断を下すような場面において、見る側の経験に基づく推定誤差が実際と大きくかけ離れていると、誤った判断を下すおそれがある。特に、すばやい判断が要求される場合には、誤差を推定する時間は負担となり、誤った判断を招きやすい。

【0005】更に、誤差があるにも拘らず、一義的な結果しか出力しないということは、予測装置の信頼度を低下させてしまう原因にもなっている。

【0006】なお、プラントの将来時刻における状態量を予測し、予測値更には予測誤差を表示する先行技術としては、たとえば時開昭59-52792号公報、特開昭59-136811号公報及び特開平3-216705号公報に記載のものがある。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、従来、人間が行っていた予測誤差の推定を、計算機を使用して自動的に行えるようにしたことにある。

【0008】また、プラントの各種計測値と予測値及び予測誤差を合わせて表示することにより、予測装置の信頼度低下を防止することにある。

【0009】このような課題を解決することにより、予測値を用いた制御あるいは情報作成を行う場合に、予測誤差の範囲を同定できるため、より正確、適切な判断が可能となる。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明は、プラントの各種データをもとにある項目の将来時刻における状態量を予測するプラント監視装置であって、プラントの各種データを複数の異なる時間にわたって保存する実績情報記憶手段と、前記実績情報記憶手段に蓄えられた時系列データを入力とし、(1) 予め決定された重み係数をもとに、一定時間ごとに現在より先の時点における状態量を予測するニューラルネット、或いは(2) 複数の項目の重み付け和としてある項目の現在より先の時点における状態量を予測する重回帰法、或いは(3) 修正RPLモデルまたは動的RPL法により将来時刻における状態量を

予測する状態量予測手段と、前記状態量予測手段によって過去に予測された状態量予測値が有していた予測誤差を算出する予測誤差演算手段と、前記状態量予測手段によって過去に算出された状態量予測値とそのときの予測誤差との関係を記憶する誤差情報記憶手段と、前記実績情報記憶手段に記憶された情報、前記状態量予測手段により算出された状態量予測値及び前記誤差情報記憶手段に記憶された過去の予測値と誤差との関係をもとに、将来時刻における状態量予測値が有する予測誤差を推定する予測誤差推定手段とを具備したことを特徴とする。

【0011】また、本発明は、前記プラント監視装置において、更に前記実績情報記憶手段に記憶された情報と前記状態量予測手段により算出された状態量予測値及び前記予測誤差推定手段により推定された予測誤差を表示する表示手段を備えたことを特徴とする。

【0012】予測誤差推定手段としては、前記実績情報記憶手段に蓄えられた時系列データ及び前記予測誤差演算手段により算出された過去の予測値と予測誤差との関係をニューラルネットの重みとして記憶しておき、将来時刻における予測誤差を推定するニューラルネットによる予測誤差推定手段を備えることができる。

【0013】また、前記実績情報記憶手段に蓄えられた時系列データ及び前記予測誤差演算手段により算出された過去の予測値と予測誤差との関係をメンバーシップ関数として記憶しておき、将来時刻における予測誤差を推定するファジィ推論による予測誤差推定手段を備えることができる。

【0014】本発明において、予測値の計算及び予測誤差の算出は、計算機を使用して行う。これにより、従来、人間が行っていた予測誤差の推定を自動的に行うことが可能になった。

【0015】

【発明の実施の形態】図1に本発明の実施例によるプラント監視装置の構成図を示す。プラント監視装置は、予測演算と誤差推定を行う予測装置10、および予測結果を表示する表示装置20から構成される。

【0016】予測装置10は、実績情報記憶部11と予測部12と誤差演算部13と誤差情報記憶部14及び誤差推定部15とから構成される。

【0017】以下、ポンプ場における雨水流入量予測に適用した場合を例として詳細に説明する。

【0018】雨水流入量予測に適用した場合の構成図を図2に示す。

【0019】雨天時、ポンプ場には下水管渠31を経て排水区域からの雨水が流入する。ポンプ場に流入した雨水はまず流入渠32に入り、止水扉33を経てポンプ井34に流入する。ポンプ井34には雨水ポンプ35が設置しており、このポンプがポンプ井34内の雨水を揚水し、河川へと放流する。

【0020】流入渠32には水位計36が、ポンプ井3

4には水位計37が、止水扉33には開度計38が、雨水ポンプの後方には流量計39が設置しており、流入渠水位、ポンプ井水位、止水扉開度、雨水ポンプ揚水量を計測している。また、地上には雨量計40、降雨強度計41が設置しており、降雨量、降雨強度を測定している。

【0021】これらの測定値は、実績情報記憶部11に時系列データとして保存される。

【0022】実績流入量演算部16では、ポンプ井水位、雨水ポンプ揚水量から次式にしたがい1分間にポンプ場へ流入した雨水量を算出する。

【0023】

【数1】 $Q_{in} = P_{out} + \Delta V$

Q_{in} : 流入雨水量

P_{out} : 雨水ポンプ揚水量

ΔV : 1分間の貯留量変化量

ここで、貯留量とは図3のように管渠およびポンプ場内貯留施設（流入渠、ポンプ井）に貯留された雨水量を表す。また、貯留量はあらかじめ土木図面から作成しておいた、ポンプ井水位と貯留量の関係を表す「貯留量テーブル」から求められる。この貯留量テーブルは図4のようにポンプ井水位と貯留量とが一对一の関係で表される。

【0024】予測部12では、実績情報記憶部11に記憶された時系列データから、ある項目の将来時刻における状態量を予測する。雨水流入量予測の場合、ポンプ場への流入雨量がそれに当たる。

【0025】予測には過去の雨水流入量や水位、ポンプ吐出量などの線形和として将来の流入量を計算する重回帰モデルや修正RRLモデルなどが利用できるが、本実施例では図5のようなニューラルネットを用いた。

【0026】図5のニューラルネットは、入力としてポンプ井水位、止水扉開度、雨水ポンプ揚水量、実績流入量、実績流入量変化率等のプラントの時系列データを与えると、現在時刻から30分先までの予測流入量を1分間隔で出力する。（ここで、実績流入量変化率とは現在と1分間の実績流入量の差をいう。）誤差演算部13では、実績流入量演算部16にて算出された実績流入量と予測部12にて算出された予測流入量の差（予測誤差）を求める。誤差を求める際には、実績値と予測値の時刻を合わせる必要がある。例えば、12時0分に予測した30分後予測値の誤差を求める場合、比較対象となる実績流入量は12時30分の値となる。

【0027】誤差推定部15では、予測部12にて算出された予測流入量が有している予測誤差を推定する。

【0028】誤差推定方法としては、過去の一定期間の平均誤差を外挿する方法、あらかじめ予測流入量、予測時間と予測誤差の関係をニューラルネットワークの重みとして記憶しておき推定する方法等が考えられるが、本実施例ではファジィ推論法を採用している。

【0029】本実施例で用いたファジィ推論による誤差推定ルールの例を表1に示す。

【0030】

【表1】

表 1

予測誤差は…		予測流入量			
		少ない	中間	中間	多い
予測時間	短い	小さい	小さい	小さい	中間
	中間	小さい	中間	中間	大きい
	長い	中間	大きい	大きい	大きい

【0031】表1のルールでは、推論の入力(条件)が予測時間と予測流入量、出力(結論)が予測誤差となっている。予測時間とは、ある予測流入量がある場合、その値は何分先の値なのかを表すものである。例えば、「30分後流入量が200[m³/min]と言う場合、予測流入量が200[m³/min]、予測時間は30分となる。

【0032】また、本実施例では、予測部12において現在時刻(0分先)から30分先までの1分刻みに出力される予測値全てについて予測誤差を推定している。

【0033】表1において、「小さい」「中間」「大きい」「短い」「長い」等の曖昧な表現は、図6から図8のようなメンバーシップ関数によって表現する。

【0034】次に、実際に誤差を推定する課程について詳しく述べる。例として、7分先流入量予測値が100[m³/min]の場合、7分先における予測誤差推定過程を説明する。

【0035】予測時間: 7 [min]

予測流入量: 100 [m³/min]

まず、予測時間、予測流入量とメンバーシップ関数からそれぞれの適合を求める。予測時間については、予測時間は7 [min]であるから、メンバーシップ関数は「短い」と「中間」の2つにまたがる。この場合、この2つとも適合度を算出する。「短い」では0.83、「中間」では0.17となる(図9)。

【0036】一方、予測流入量は100 [m³/min]であるから、「小さい」適合度が1.0となる(図10)。

【0037】この例のルールでは予測時間、予測流入量の2つの条件があるため、2つを総合した、条件部としての適合度を求める必要がある。条件部の適合度、予測時間、予測流入量の適合度の小さい方の値となる。

【0038】条件部適合度=min(予測時間適合度, 予測流入量適合度)

ところで、予測時間7 [min]は2つのメンバーシップにまたがっていたので、条件部の適合度も2通りについて算出する。

【0039】予測時間が短い場合は、

条件部適合度=min(0.83, 1.0)=0.83

予測時間が中間の場合は、

条件部適合度=min(0.17, 1.0)=0.17

となる。

【0040】次に、表1のルールに従い条件部に対応する結論を抜き出す。この例の場合、予測時間は「小さい」と「中間」、予測流入量は「少ない」に当てはまるので、結論は「誤差は小さい」となる。

【0041】この抜き出された結論部のメンバーシップ関数を条件部の適合度で区切り、台形を切り取る(図11, 12の斜線部)。

【0042】次に、切り取られた台形をすべての条件について重ね合わせる(図13)。重ね合わされてできた図形について重心を求め、その重心に対応する予測誤差を求める(この操作をデファジと呼ぶ)。この例の場合、30 [m³/hr]となる。

【0043】誤差情報記憶部14では、誤差推定部15にて誤差推定に使用する情報を蓄積する。本実施例の場合、ファジィ推論のメンバーシップ関数がそれに相当する。本実施例ではメンバーシップ関数は固定であるが、関数を自動的に調整する機能があればなお良い。

【0044】表示装置20では、実績情報記憶部11に記憶された実績情報、予測部12にて算出された予測流入量、誤差推定部15にて算出された予測誤差を表示する。表示方法としてはトレンドグラフを表示することが一般的である。本発明の実施例では、予測値と予測誤差を合わせ図14のように表示した。

【0045】

【発明の効果】本発明により、従来、プラントを操作する側が行っていた予測誤差の推定を予測装置内で自動的に行うことができ、プラント操作側の負担を軽減することができる。

【0046】また、予測値とともに誤差も表示することにより予測装置の信頼度低下を防ぐことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のプラント監視装置の実施例を示す構成図。

【図2】本発明のプラント監視装置を雨水ポンプ場に適用した例を示す構成図。

【図3】雨水流入量の算出方法を説明。

【図4】貯留量とポンプ井水位との関係を示すグラフ。

【図5】流入量予測ニューラルネットの構成図。

【図6】メンバーシップ関数を示す図（予測時間）。

【図7】メンバーシップ関数を示す図（予測流入量）。

【図8】メンバーシップ関数を示す図（予測誤差）。

【図9】条件ごとの適合度算出を示す図（予測時間）。

【図10】条件ごとの適合度算出を示す図（予測流入量）。

【図11】条件部適合度の算出を示す図（予測時間が短

い場合）。

【図12】条件部適合度の算出を示す図（予測時間が中間の場合）。

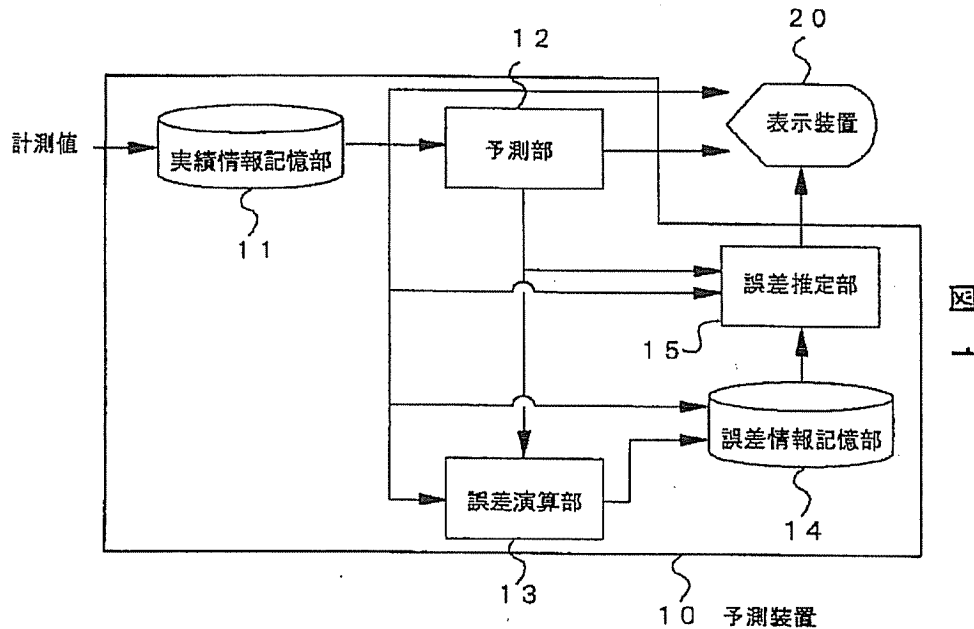
【図13】デファジィを示す図。

【図14】表示装置の表示例を示す図。

【符号の説明】

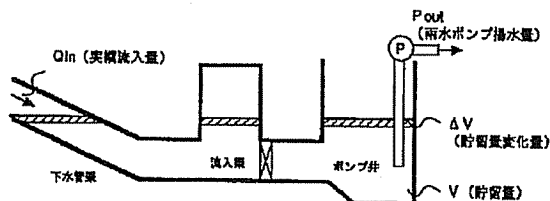
10…予測装置、11…実績情報記憶部、12…予測部、13…誤差演算部、14…誤差情報記憶部、15…誤差推定部、16…実績流入量演算部、20…表示装置。

【図1】



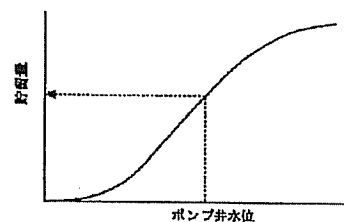
【図3】

図 3

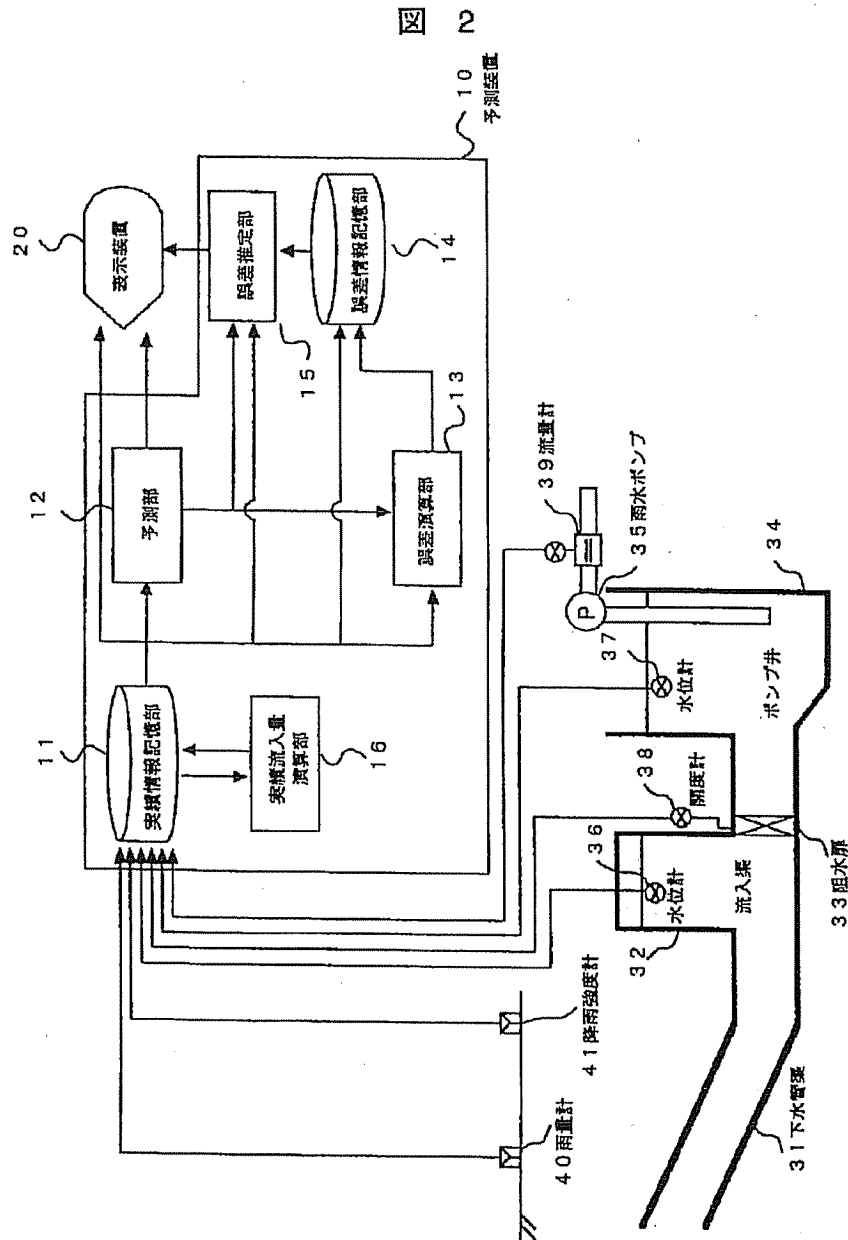


【図4】

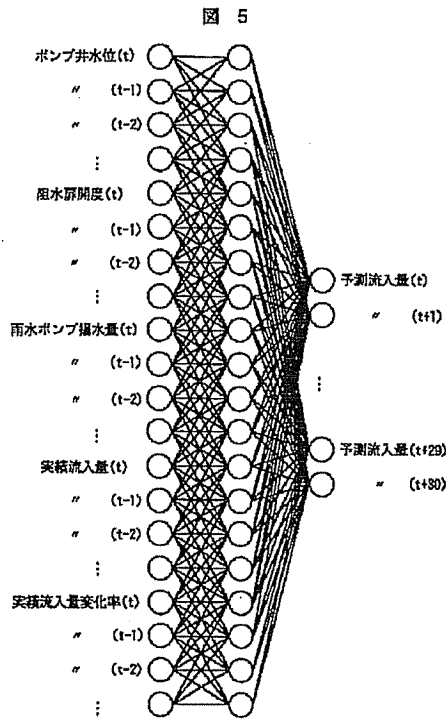
図 4



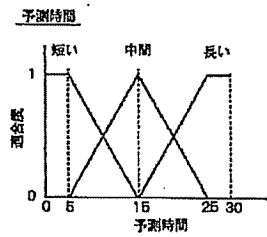
【図2】



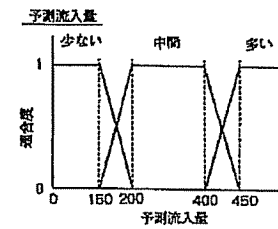
【図5】



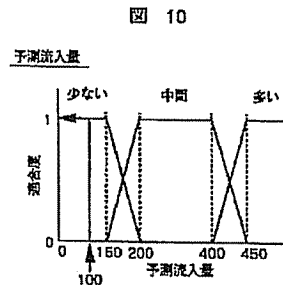
【図6】



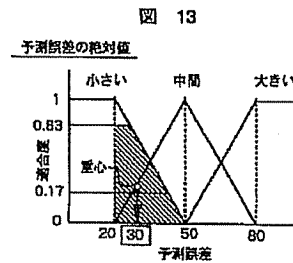
【図7】



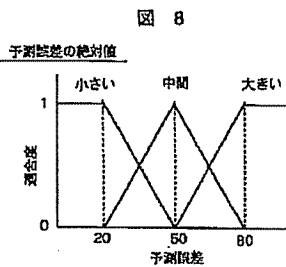
【図10】



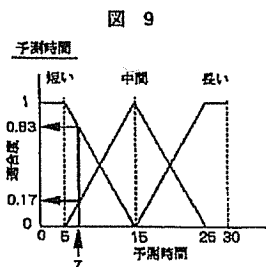
【図13】



【図8】



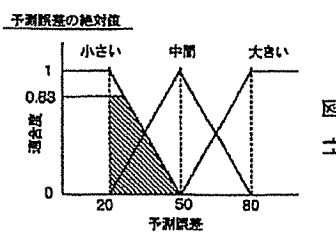
【図9】



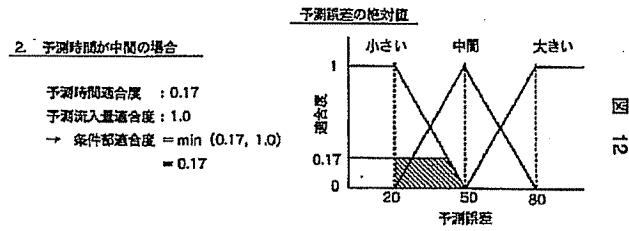
【図11】

1. 予測時間が短い場合

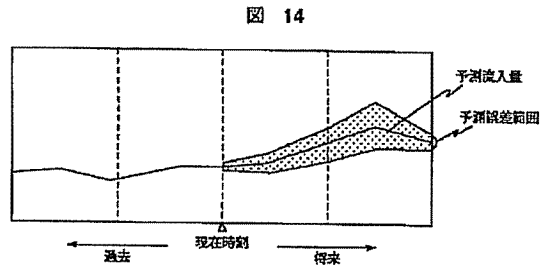
予測時間適合度 : 0.83
 予測流入量適合度 : 1.0
 → 条件部適合度 = $\min(0.83, 1.0)$
 = 0.83



【図12】



【図14】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.⁶

G 0 5 B 13/04

// G 0 5 D 7/06

識別記号

庁内整理番号

F I

G 0 5 B 13/04

G 0 5 D 7/06

技術表示箇所

A